

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-214235

(43)Date of publication of application : 30.07.2003

(51)Int.Cl.

F02D 41/34  
 F01N 3/20  
 F01N 3/24  
 F02B 31/00  
 F02D 41/02  
 F02D 41/04  
 F02D 41/06  
 F02D 43/00  
 F02D 45/00  
 F02P 5/15

(21)Application number : 2002-018990

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 28.01.2002

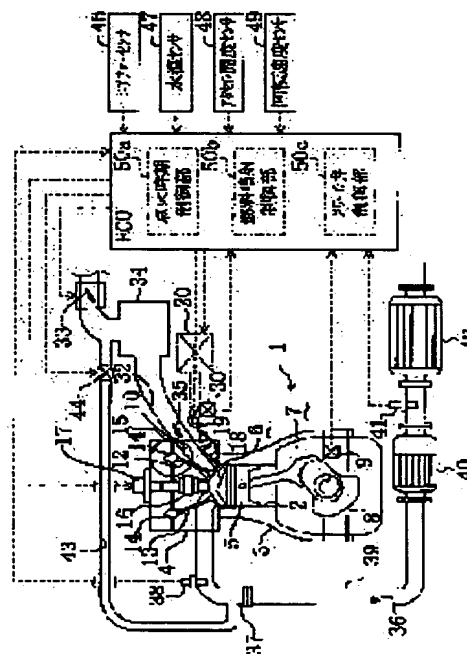
(72)Inventor : KUDO HIDETOSHI  
 FUJIKAWA TOMOHISA  
 TOSHINARI TAKASHI

## (54) CONTROL DEVICE OF SPARK IGNITION DIRECT INJECTION ENGINE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress the generation of smoke while sufficiently providing the effect of temperature rise of exhaust when the temperature of the exhaust is increased by the combustion of weak stratified mixture by injecting fuel two times at forward and afterward stages in a period ranging from the intake stroke of a cylinder 2 to an ignition timing at least in a low load area when catalysts 40 and 42 are not heated in a direct injection engine 1.

**SOLUTION:** The ECU 50 of a control device A comprises an ignition timing control means 50a for delaying the ignition timings of the engine 1 for each cylinder 2 after a TDC when at least one of the catalysts 40 and 42 is not heated and a fuel injection control means 50b reducing the ratio of the amount of injection on the afterward stage to the overall amount of injection while increasing the amount of injection of fuel on the forward stage more than that on the backward stage and as the overall amount of injection of fuel per cycle injected on both forward and backward stages is larger, and delaying the timing of start of injection on the backward stage according to a reduction in the ratio of the amount of injection. A swirl valve control means 50c for reinforcing a swirl flow by closing a swirl control valve 35 may be installed in this case.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

13.12.2004

[Date of sending the examiner's decision of

BEST AVAILABLE COPY

rejection]

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2003-214235

(P 2003-214235 A)

(43) 公開日 平成15年7月30日(2003. 7. 30)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
F 0 2 D	41/34	F 0 2 D 41/34	E 3G022
F 0 1 N	3/20	F 0 1 N 3/20	D 3G084
	3/24		R 3G091
F 0 2 B	31/00	F 0 2 B 31/00	F 3G301
F 0 2 D	41/02	F 0 2 D 41/02	A
	3 3 1		
	3 3 0		
審査請求 未請求 請求項の数 4		O L	(全 1 4 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-18990 (P2002-18990)

(22) 出願日 平成14年1月28日(2002. 1. 28)

(71) 出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72) 発明者 工藤 秀俊

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(72) 発明者 藤川 朋久

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ株式会社内

(74) 代理人 100077931

弁理士 前田 弘 (外7名)

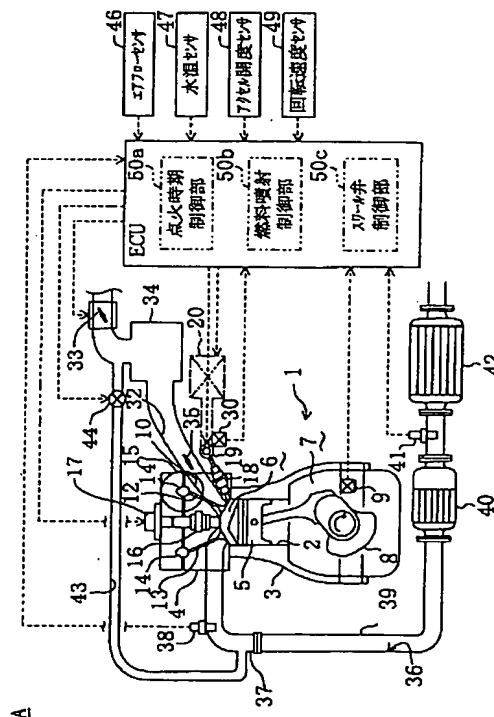
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 火花点火式直噴エンジンの制御装置

(57) 【要約】

【課題】 直噴エンジン1において触媒40、42が未暖機のために、少なくとも低負荷域で気筒2の吸気行程から点火時期までの期間内に前段及び後段の2回の燃料噴射を行って、弱成層混合気の燃焼により排気の温度を高める場合に、その排気の温度上昇効果を十分に得ながら、スモークの生成を抑制する。

【解決手段】 制御装置AのECU50に、触媒40、42の少なくとも一方が未暖機のためにエンジン1の各気筒2毎の点火時期をTDC以降に遅角させる点火時期制御手段50bと、そのときに前段噴射による燃料の噴射量を後段噴射よりも多くしながら、且つそれらを合わせた1サイクルあたりの燃料の総噴射量が多いほど、該総噴射量に対する後段噴射量の割合を少なくするとともに、その噴射量割合の減少に応じて後段噴射の開始時期を遅角させる燃料噴射制御手段50bとを備える。そのときにスワール制御弁35を閉じてスワール流を強化するスワール弁制御手段50cを備えてもよい。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 エンジンの気筒内の燃焼室に燃料を直接、噴射する燃料噴射弁と、その燃焼室からの排気を浄化するための触媒とを備え、該触媒が活性温度よりも低い未暖機状態のときに少なくともエンジンの低負荷域で気筒の吸気行程から点火時期までの期間内に、前記燃料噴射弁により圧縮行程中期以降の後段噴射とこれよりも前の前段噴射との 2 回の燃料噴射を行わせるようにした火花点火式直噴エンジンの制御装置において、前記触媒が未暖機状態のときに気筒の圧縮上死点以降に点火時期を遅角させる点火時期制御手段と、前記触媒が未暖機状態のときに、前記前段噴射による燃料の噴射量を後段噴射よりも多くしながら、且つその前段噴射及び後段噴射を合わせた 1 サイクルあたりの燃料の総噴射量が多いほど、該総噴射量に対する後段噴射量の割合を少なくするとともに、その噴射量割合の減少に応じて後段噴射の開始時期を遅角させる燃料噴射制御手段とを備えることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの制御装置。

【請求項 2】 請求項 1 において、点火時期制御手段は、点火時期を気筒の圧縮上死点後  $5^{\circ}$  CA よりも遅角側に制御するものであり、燃料噴射制御手段は、触媒が未暖機状態のときに少なくともエンジンの低速低負荷域で気筒内の平均的な空燃比が略理論空燃比になるように燃料の総噴射量を制御するとともに、その総噴射量に対する後段噴射量の割合を略 3 分の 1 以下とし且つ後段噴射の開始時期を当該気筒の圧縮上死点前  $20^{\circ}$  CA 以前とするものであることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの制御装置。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 のいずれかにおいて、少なくとも触媒が未暖機状態のときに気筒内燃焼室のスワール流を強化するスワール流強化手段を備えることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの制御装置。

【請求項 4】 請求項 1～3 のいずれか 1 つにおいて、燃料噴射弁は、気筒内の燃焼室にその周縁部から燃料を直接、噴射するように配置され、前記燃焼室の天井部の略中央に点火プラグが配置されている一方、該燃焼室の底部となるピストンの冠面には凹部が設けられ、前記燃料噴射弁からの燃料噴霧の拡がり角が略  $40^{\circ}$  以上且つ略  $70^{\circ}$  以下であり、燃圧が略 4 MPa 以上且つ略 6 MPa 以下であることを特徴とする火花点火式直噴エンジンの制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、気筒内の燃焼室に対し燃料噴射弁により燃料を直接噴射して燃焼させるようにした火花点火式エンジンの制御装置に関し、特に、排気浄化用の触媒の未暖機時に排気の温度を高めて、該触媒の温度上昇を促進する制御技術の分野に属する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より、この種の直噴エンジンの制御装置として、例えば特開 2000-45844 号公報に開示されるように、触媒が未暖機状態のときに気筒の吸気行程から圧縮行程にかけて燃料を 2 回に分けて噴射して、燃焼室における混合気の濃度分布の偏りが比較的小さい（成層化の度合いが弱い）弱成層混合気を形成し、この混合気の燃焼により排気の温度を高めて触媒の温度上昇を促すようにしたものがある。

【0003】 このものでは、例えば気筒の吸気行程で前段の燃料噴射（早期噴射）を行って燃焼室に均一でリーンな混合気を形成するとともに、その後の圧縮行程で後段の燃料噴射（後期噴射）を行って点火プラグ付近の混合気の濃度を高めて、全体として弱成層状態の混合気を形成する。この弱成層混合気では、点火プラグ付近の空燃比が理論空燃比よりもリッチになることで着火安定性が高まり、且つ初期燃焼速度が高くなる一方、燃焼期間の後半からはリーンな混合気による比較的緩慢な燃焼（いわゆる後燃え）が継続して、排気の温度が高くなるものである。

【0004】 また、前記の公報には、上述した弱成層混合気の燃焼において後段の燃料噴射量の割合が多いほど、或いは後段噴射の開始時期が遅角側にあるほど、排気の温度が高くなり、且つ排気中の HC や NO<sub>x</sub> の濃度が減少することが開示されており、さらに、気筒の点火時期を圧縮上死点近傍まで遅角させて意図的にエンジンのサイクル効率を低下させることによって、排気の温度を高められることが開示されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、上述の如き弱成層混合気の燃焼においては、後段の燃料噴射によって点火プラグ周りに形成される混合気が理論空燃比よりもリッチになることから、その燃焼に伴いスモークが生成するという新たな問題が見出された。これは、後段の燃料噴射によって点火プラグ周りに形成される過濃な混合気において局所的に燃焼速度が高くなることと、この過濃な混合気内での燃料の気化霧化（空気との混合及び蒸発）が不十分になることとに起因すると考えられる。

【0006】 また、前記のスモークの生成には、前段及び後段の噴射を合わせた 1 サイクル当たりの燃料の総噴射量が影響を及ぼし、総噴射量の増大に連れてスモークも増大する傾向があることが分かった。すなわち、例えばエンジンの冷間始動時のようにオイルの粘性が高いときや機械的な摩擦による負荷が大きいとき、或いは補機の駆動負荷が加わっているときには、その負荷に対応するように燃料の総噴射量が多くなり、自ずと後段の燃料噴射量も多くなってその気化霧化が一層、困難になるとともに、燃料噴霧の貫徹力が強くなってピストン冠面等への燃料付着が増大し、相乗的にスモークの生成しやすい状況になると考えられる。

【0007】これに対し、単純に後段の燃料噴射量割合を減らしたり、或いは後段の噴射開始時期を進角させて点火までの燃料の気化霧化の時間を延長するようにした場合、そのことによってスモークの生成は抑制できる反面、排気の温度を高めるという弱成層燃焼の本来の効果が十分に得られなくなる。また、後段の噴射開始時期をあまり進角側に設定すると、燃料噴霧が気筒内の空気流動によって早く拡散してしまい、着火安定性が損なわれる虞れがある。

【0008】本発明は斯かる諸点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、火花点火式直噴エンジンにおいて排気浄化用の触媒が未暖機のための燃料及び点火制御の手段に工夫を凝らし、弱成層混合気の燃焼による排気の温度上昇効果を十分に得ながら、そのときのスモークの生成を抑制することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するために、本願発明では、触媒が未暖機のために気筒の点火時期を圧縮上死点以降まで遅角させるとともに、当該気筒の吸気行程から点火時期までの期間内に前段及び後段の2回の燃料噴射を行わせるようにし、さらにその前段及び後段噴射を合わせた総噴射量の変化に対応付けて、後段噴射の噴射量割合及び噴射開始時期を最適化するようにした。

【0010】具体的に、請求項1の発明では、エンジンの気筒内の燃焼室に燃料を直接、噴射する燃料噴射弁と、その燃焼室からの排気を浄化するための触媒とを備え、該触媒が活性温度よりも低い未暖機状態のときに少なくともエンジンの低負荷域で気筒の吸気行程から点火時期までの期間内に、前記燃料噴射弁により圧縮行程中期以降の後段噴射とこれよりも前の前段噴射との2回の燃料噴射を行わせるようにした火花点火式直噴エンジンの制御装置を前提とする。

【0011】そして、前記触媒が未暖機状態のときに気筒の圧縮上死点以降に点火時期を遅角させる点火時期制御手段と、前記触媒が未暖機状態のときに前記前段噴射による燃料の噴射量を後段噴射よりも多くしながら、且つその前段噴射及び後段噴射を合わせた1サイクルあたりの燃料の総噴射量が多いほど、該総噴射量に対する後段噴射量の割合を少なくするとともに、その噴射量割合の減少に応じて後段噴射の開始時期を遅角させる燃料噴射制御手段とを備える構成とする。尚、前記後段噴射の開始時期は、仮にエンジン回転速度が同一であっても後段の噴射量割合が少ないほど遅角側になるように制御すればよい。

【0012】前記の構成により、触媒が活性温度よりも低い未暖機状態のときには、燃料噴射制御手段による燃料噴射弁の制御によって、少なくともエンジンが低負荷域にあるときに気筒の吸気行程から点火時期までの期間内に前段及び後段の2回の燃料噴射が行われ、その前段

噴射による燃料噴霧が気筒内の燃焼室に相対的に大きく拡がって理論空燃比よりもリーンな混合気を形成するとともに、後段噴射による燃料噴霧が点火プラグの周囲に相対的にリッチな混合気塊を形成し、全体として弱成層状態の混合気となる。そして、その弱成層混合気の燃焼において、従来例（特開2000-45844号公報）のものと同様に燃焼後半の後燃えによる排気の温度上昇効果とHCの低減効果とが得られる。

【0013】その際、前記後段の燃料噴射量割合は、1サイクル当たりの燃料の総噴射量が多いほど小さくされ、さらにその後段噴射量割合の減少に応じて後段噴射の開始時期が遅角される。すなわち、燃料の総噴射量が相対的に多いときには後段の噴射量割合が相対的に少なくなるので、その噴射量自体はあまり多くはならず、従ってこの燃料を点火時点までに良好に気化霧化させて、燃焼に伴うスモークの生成を十分に抑制することができる。しかも、燃料の総噴射量が相対的に多いときには自ずと燃焼に伴う熱発生量も多くなり、排気の熱量が相対的に多くなる。

【0014】また、後段噴射の開始時期が遅角されることで、その燃料噴霧が相対的に遅角側まで拡散せずに点火プラグ周りに混合気塊を形成するようになり、これにより、着火安定性を維持したままで点火時期を十分に遅角できるようになる。そして、その後段噴射時期の遅角制御に対応して、点火時期制御手段により点火時期を最大限に遅角させることで、エンジンのサイクル効率を大幅に低下させて、排気温度を高めることができる。これにより、前記した弱成層混合気の燃焼による効果と合わせて、排気の温度を十分に上昇させて触媒の昇温を促進することができる。

【0015】つまり、弱成層混合気の燃焼により排気温度を高めて触媒の早期昇温を促す場合に、1サイクル当たりの燃料の総噴射量が相対的に多いときには、そのことによって比較的、排気の熱量が多くなる一方、スモークが生成し易いことに着目して、後段噴射量割合を少なくしつつその開始時期を遅角させることにより、スモークの抑制を優先しながら、排気温度も十分に高めることができる。

【0016】また、反対に燃料の総噴射量が相対的に少ないときには自ずと排気の熱量が少なくなる一方、スモークは生成し難い状態であるから、このときには後段の燃料噴射量を相対的に多くすることによって、排気の温度上昇を図ればよい。

【0017】請求項2の発明では、点火時期制御手段は、点火時期を気筒の圧縮上死点後5°CAよりも遅角側に制御するものとし、また、燃料噴射制御手段は、触媒が未暖機状態のときに少なくともエンジンの低速低負荷域で気筒内の平均的な空燃比が略理論空燃比になるように燃料の総噴射量を制御するとともに、その総噴射量に対する後段噴射量の割合を略3分の1以下とし且つ後

段噴射の開始時期を当該気筒の圧縮上死点前  $20^{\circ}$  CA 以前とするものとする。尚「 $^{\circ}$  CA」というのはクランク角度の単位を表す。

【0018】すなわち、気筒の点火時期を圧縮上死点後  $5^{\circ}$  CA よりも遅角側に制御することで、エンジンのサイクル効率が大幅に低下し且つ混合気の燃焼が全体として緩慢なものとなるから、排気温度を大幅に高めることができる。また、1 サイクル当たりの燃料の総噴射量を気筒内の平均的な空燃比が略理論空燃比になるように制御するとともに、その総噴射量に対する後段噴射量の割合を略 3 分の 1 以下とすることで、弱成層混合気の燃焼による排気の温度上昇効果を確保しながら、スモークの生成を比較的少なくすることができ、これに加えて、該後段噴射の開始時期を当該気筒の圧縮上死点前  $20^{\circ}$  CA 以前とすることで、後段噴射による燃料の気化霧化時間を確保し、もってスモークの生成を十分に抑制することができる。

【0019】請求項 3 の発明では、少なくとも触媒が未暖機状態のときに気筒内燃焼室のスワール流を強化するスワール流強化手段を備えるものとする。このことで、触媒の未暖機状態ではスワール流強化手段によって気筒内のスワール流が強化され、このスワール流が気筒の圧縮行程の後期に崩壊することにより、後段噴射や点火時期の遅角制御に対応する最適な時期に燃焼室に強い乱れが発生して、混合気の着火安定性が向上する。

【0020】請求項 4 の発明では、燃料噴射弁を気筒内の燃焼室にその周縁部から燃料を直接、噴射するように配置するとともに、当該燃焼室の天井部の略中央に点火プラグを配置する一方、該燃焼室の底部となるピストンの冠面には凹部を設け、さらに、前記燃料噴射弁からの燃料噴霧の拡がり角を略  $40^{\circ}$  以上且つ略  $70^{\circ}$  以下とし、燃圧を略 4 MPa 以上且つ略 6 MPa 以下とする構成とする。

【0021】この構成では、気筒の圧縮行程で燃料噴射弁により燃焼室に噴射された燃料噴霧は、ピストン冠面に形成された凹部に捕集（トラップ）されてその壁面に沿って点火プラグ側に案内されるようになるので、該点火プラグ周りに混合気を確実に成層化させることができ、このことによって高い着火安定性が得られる。一方で、前記燃料噴霧の一部は凹部の底壁面等に衝突することになるから、そこへの燃料の付着に起因して排気中の HC の濃度が高くなり、さらにはスモークの生成の原因となる虞れもある。

【0022】これに対し、本願発明（請求項 1）では、上述の如く 1 サイクル当たりの燃料の総噴射量が多いほど後段の噴射量割合を減らすことで、その後段噴射による燃料噴霧の貫徹力を相対的に小さくすることができ、加えて、そのときの燃圧を略 4 MPa 以上且つ略 6 MPa 以下とし、さらに燃料噴霧の拡がり角を略  $40^{\circ}$  以上且つ略  $70^{\circ}$  以下とすることで、燃料噴霧の貫徹力を最

適化してピストン冠面への付着を抑制できる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。

【0024】図 1 は本発明に係る火花点火式直噴エンジンの制御装置 A の全体構成を示し、1 は車両に搭載されたガソリンエンジンである。このエンジン 1 は、例えば、直列に配置された複数の気筒 2、2、…（1 つのみ図示する）を有する多気筒エンジンであり、それらの各気筒 2 が形成されたシリンダブロック 3 の上部にシリンダヘッド 4 が配置されるとともに、各気筒 2 内にはピストン 5 が上下方向に往復動可能に嵌挿されていて、そのピストン 5 の冠面とシリンダヘッド 4 の下面との間の気筒 2 内に燃焼室 6 が区画形成されている。また、前記気筒 2、2、…を囲むシリンダブロック 3 の側壁部には、図示しないがウオータジャケットが形成されており、さらに、該シリンダブロック 3 の下側部分には、気筒 2、2、…に連通するようにクランク室 7 が形成され、ここにクランク軸 8 が収容されている。このクランク軸 8 の一端側にはその回転角度を検出するための電磁式のクランク角センサ 9 が配設されている。

【0025】前記各気筒 2 の詳しい構造は、図 2 に拡大して示すように、燃焼室 6 の天井部には互いに差し掛けられた屋根のような形状をなす 2 つの傾斜面が形成されており、その 2 つの傾斜面にそれぞれ吸気ポート 10 及び排気ポート 11 が 2 つずつ開口していて、その各開口端に吸気及び排気弁 12、12、13、13 が配置されている。前記 2 つの吸気ポート 10、10 はそれぞれ燃焼室 6 から斜め上方に向かって延びていて、シリンダヘッド 4 の一側面に互いに独立して開口しており、一方、前記 2 つの排気ポート 11、11 は途中で 1 つに合流して略水平に延び、シリンダヘッド 4 の他側面に開口している。

【0026】前記吸気弁 12、12、…及び排気弁 13、13、…は、それぞれ、シリンダヘッド 4 に配設された 2 本のカム軸 14、14 がタイミングベルトを介して前記クランク軸 8 により回転駆動されることで、各気筒 2 毎に所定のタイミングで開閉作動されるようになっている。尚、図 1 にのみ示すが、吸気側のカム軸 14 には、クランク軸 8 に対する回転位相を所定の角度範囲において連続的に変化させる公知の可変動弁機構 15（Variable Valve Timing：以下、VVT と略称する）が付設されていて、この VVT 15 の作動により前記吸気弁 12 の開閉作動時期を変更可能とされている。

【0027】前記各気筒 2 毎の燃焼室 6 の天井部における中央位置には、4 つの吸排気弁 12、13 に取り囲まれるようにして点火プラグ 16 が配設されており、該点火プラグ 16 の基端部には点火回路 17（図 1 にのみ示す）が接続されていて、各気筒 2 毎に所定の点火タイミングで点火プラグ 16 に通電するようになっている。ま

た、燃焼室 6 天井部の吸気側の周縁部には、2つの吸気ポート 10、10の下方においてそれらに挟まれるようにインジェクタ（燃料噴射弁）18が配設されており、このインジェクタ 18は、その先端側の噴孔から気筒中心線 Z に向かいかつ気筒 2の斜め下方に向かうように燃料を噴射する。このインジェクタ 18は、例えば、噴孔から燃料を旋回流として噴出させてホローコーン状に噴射する公知のスワールインジェクタとすればよく、その燃料噴霧の拡がり角は略 40° 以上且つ略 70° 以下とするのが好ましい。

【0028】一方、燃焼室 6の底部に相当するピストン 5の冠面には、気筒中心線 Z に対して吸気側（図 2の手前側）に偏心してキャビティ 5a（凹部）が形成されており、前記インジェクタ 18の作動により気筒 2の圧縮行程中期以降に燃料が噴射されると、この燃料噴霧がキャビティ 5aにより捕集（トラップ）され、該キャビティ 5aの壁面に沿って点火プラグ 16側に移動して、該点火プラグ 16の電極の周りに混合気塊を形成するようになっている。つまり、このエンジン 1は、成層燃焼状態のときに燃料噴霧をピストン 5のキャビティ 5aの壁面により案内して成層化させるようにしたいわゆるウォールガイド方式の直噴エンジンである。

【0029】また、前記インジェクタ 18の作動により燃料が気筒 2の吸気行程で噴射されたときには、その燃料噴霧はピストン 5の下降に伴う燃焼室 6容積の拡大に応じて拡散し、吸気と十分に混合されかつ蒸発して、燃焼室 6全体に略均一な混合気を形成する。

【0030】前記の如く各気筒 2毎に配設されたインジェクタ 18、18、…は、全ての気筒 2、2、…に共通の燃料分配管 19に接続されていて、燃料供給系 20から供給される高圧の燃料が燃料分配管 19により各気筒 2に分配されるようになっている。詳しくは、燃料供給系 20は、図 3に一例を示すような構成とされ、燃料分配管 19と燃料タンク 21とを連通する燃料通路 22の上流側から下流側に向かって、低圧燃料ポンプ 23、低圧レギュレータ 24、燃料フィルタ 25、高圧燃料ポンプ 26及び高圧レギュレータ 27が順に配設されており、前記低圧燃料ポンプ 23により燃料タンク 21から吸い上げられた燃料が低圧レギュレータ 24により調圧され、燃料フィルタ 25により濾過されて、高圧燃料ポンプ 26に圧送される。

【0031】そして、前記高圧燃料ポンプ 26によってさらに昇圧された燃料の一部が高圧レギュレータ 27により流量調整されて燃料分配管 19へ供給され、残りの燃料が低圧レギュレータ 28によって圧力調整されつつ、リターン通路 29によって燃料タンク 21に戻される。前記の高圧レギュレータ 27による燃圧の調整は燃料分配管 19に配設された燃圧センサ 30の出力に基づいて後述の ECU 50により行われ、これにより、燃料分配管 19へ供給される燃料の圧力、即ち燃圧が略 4 ~

10 MPa の範囲で主にエンジン回転速度に応じて制御される。尚、燃料供給系 20の構成は前記のものに限定されず、例えば、リターンレスシステムのものとしてもよい。

【0032】前記図 1においてエンジン 1の右側に位置するシリンダヘッド 4の一側面には、各気筒 2の吸気ポート 10、10にそれぞれ連通する吸気通路 32が接続されている。この吸気通路 32は、エンジン 1の各気筒 2の燃焼室 6に対して図外のエアクリーナにより濾過した空気を供給するためのものであり、図示の如くその上流側から下流側に向かって、バタフライバルブからなる電気式スロットル弁 33とサージタンク 34とが順に配設されている。その電気式スロットル弁 33は、図外のアクセルペダルに対し機械的には連結されておらず、図示しない電動モータにより駆動されて、アクセルペダルの操作量（アクセル開度）に対応する適切な開度となるように開閉される。

【0033】また、前記サージタンク 34よりも下流側の吸気通路 32は、各気筒 2毎に分岐する独立通路とされており、これら各独立通路の下流端部がさらに 2つに分岐して個別に吸気ポート 8、8に連通しており、その分岐路のうちの一方にスワール制御弁 35が設けられている。このスワール制御弁 35は、図 2にも示すようなバタフライバルブからなるものであり、図示しないアクチュエータにより開閉される。そして、スワール制御弁 35が閉じられれば、吸気の殆どがスワール制御弁 35の無い他方の分岐路のみから気筒 2内 6に吸い込まれるようになり、これにより該気筒 2内に強いスワール流が生成される。

【0034】前記図 1においてエンジン 1の左側に位置するシリンダヘッド 4の他側面には、各気筒 2の燃焼室 6から燃焼ガス（排気）を排出する排気通路 36が接続されている。この排気通路 36の上流端は、各気筒 2毎に分岐して排気ポート 11に連通する排気マニホールド 37により構成され、該排気マニホールド 37の集合部には排気中の酸素濃度を検出するリニア O2センサ 38が配設されている。このリニア O2センサ 38は排気中の酸素濃度に基づいて空燃比を検出するために用いられるものであり、理論空燃比を含む所定の空燃比範囲において酸素濃度に対しリニアな出力が得られるものである。

【0035】また、前記排気マニホールド 37の集合部よりも下流側の排気通路 36は排気管 39により構成されていて、この排気管 39の上流側から下流側に向かって順に、略理論空燃比近傍の排気中の HC、CO、NOx を浄化する三元触媒 40と、この三元触媒 40の劣化状態を判定するためのラムダ O2センサ 41と、理論空燃比よりもリーンな排気中の NOx を浄化できないいわゆるリーン NOx 触媒 42とが配設されている。さらに、前記排気マニホールド 37の下流側には、そこから分岐するようにして排気通路 36を流れる排気の一部を吸気系に

還流させる排気還流通路 43（以下、EGR 通路という）の上流端が接続されている。この EGR 通路 43 の下流端は前記スロットル弁 33 とサージタンク 34 との間の吸気通路 32 に接続され、その近傍には開度調整可能な電気式の流量制御弁からなる EGR 弁 44 が配設されていて、この EGR 弁 44 により EGR 通路 43 を流れる排気の還流量が調整されるようになっている。

【0036】前記 VVT 15、点火回路 17、インジェクタ 18、燃料供給系 20、電気式スロットル弁 33、スワール制御弁 35、EGR 弁 44 等は、いずれもエンジンコントロールユニット 50（以下、ECU という）によって作動制御される。一方、この ECU 50 には、少なくとも、前記クランク角センサ 9、燃圧センサ 30、O2 センサ 38、41 等からの各出力信号が入力されるとともに、エアクリーナケースの付近に配設されて吸気通路 32 へ吸入される空気の流量を計測するエアフローセンサ 46 からの出力信号と、シリンダブロック 3 のウオータジャケットに臨んで冷却水温度（エンジン水温）を検出する水温センサ 47 からの出力信号とが入力され、さらに、アクセル開度を検出するアクセル開度センサ 48 からの出力信号と、エンジン回転速度（クランク軸 8 の回転速度）を検出する回転速度センサ 49 からの出力信号とが入力されるようになっている。

【0037】具体的には、ECU 50 は、例えばエアフローセンサ 46、アクセル開度センサ 48 及び回転速度センサ 49 からそれぞれ入力される信号に基づいてエンジンの運転状態（負荷及び回転速度）を検出し、この検出結果に応じて主に点火回路 17、インジェクタ 18、スロットル弁 33 等を制御することにより、エンジン 1 を異なる燃焼状態で運転する。すなわち、図示しないが、エンジン 1 が温間の低速低負荷側の運転状態のとき、基本的にはインジェクタ 18 により燃料を気筒 2 の圧縮行程中期以降に一括して噴射させて、点火プラグ 16 の電極周りに可燃混合気が層状に偏在する状態で燃焼させる（成層燃焼）。また、この際、スロットル弁 33 の開度を相対的に大きくすることで、エンジン 1 のポンプ損失を低減するようにしている。

【0038】一方、エンジン 1 の冷間や或いは温間の高速ないし高負荷側の運転状態では、基本的にはインジェクタ 18 により主に気筒 2 の吸気行程で燃料を噴射させて、燃焼室 6 全体に略均一な混合気を形成した上で燃焼させる（均一燃焼）。この際、その燃料の 1 サイクル当たりの総噴射量は、混合気の空燃比が略理論空燃比又はそれよりもリッチになるようにエアフローセンサ 46 からの信号に基づいて制御し、また、スロットル弁 33 の開度は、アクセルペダルの操作量に見合う出力が得られるようにアクセル開度センサ 48 からの信号に基づいて制御する。

【0039】尚、前記のようにエンジン 1 の燃焼状態を成層燃焼状態又は均一燃焼状態のいずれかに切換えるた

めのインジェクタ 18 やスロットル弁 33 等の制御は、ECU 50 において所定の制御プログラムが実行されることによって実現する。

【0040】（触媒未暖機時の制御）この実施形態では、エンジン 1 の排気通路 36 に配設した三元触媒 40 及びリーン NOx 触媒 42 の少なくとも一方（三元触媒 40 だけでもよい）がその活性温度よりも低い未暖機状態のときに、エンジン 1 からの排気の温度状態を高めて触媒 40、42 の昇温を促進するようにしている。すなわち、従来例（特開 2000-45844 号公報）のものと同様に、触媒 40、42 の少なくとも一方が未暖機で且つエンジン 1 が低負荷域にあるときには、図 4 に模式的に示すように、各気筒 2 の点火時期を相対的に遅角側に制御するとともに、当該気筒 2 の吸気及び圧縮行程でそれぞれインジェクタ 18 により燃料を噴射させ、各気筒 2 内の燃焼室 6 に濃度分布の偏りが比較的小さい弱成層状態の混合気を形成して、燃焼させる（弱成層燃焼）。

【0041】そのような弱成層混合気の燃焼では、前記従来例の公報に記載されているように、点火プラグ 16 の電極付近で混合気の空燃比が理論空燃比よりもリッチになっているので、着火安定性を確保し易い。また、混合気の初期燃焼速度が高くなる一方で、燃焼期間の後半からは理論空燃比よりもリーンな混合気の比較的緩慢な燃焼、即ち後燃えが比較的遅くまで継続するようになり、このことによって、排気の温度が相対的に高くなるとともに、HC が低減される。

【0042】しかしながら、前記弱成層混合気の燃焼においては、点火プラグ 16 周りに形成されるリッチな混合気部分でスモークが生成するという問題がある。すなわち、図 5 に実線又は破線のグラフで示すように、弱成層混合気の燃焼では特に点火時期が圧縮上死点（TDC）よりも進角側のときに顕著なスモークの生成が見られ、その際、図に実線で示す後段の噴射量割合が多いとき（50%）の方が少ないとき（破線で示す：25%）よりも排気中のスモーク濃度が高くなる。また、後段噴射の開始時期（Start of Injection：以下、単に SOI とも記す）は圧縮上死点前（BTDC）10°～30°CA の範囲において進角側にあるほど、スモーク濃度が低くなる傾向がある。尚、均一混合気の燃焼（図に仮想線のグラフで示す）では点火時期の変化に拠らずスモークは生成しない。

【0043】この点について、本願の発明者は、2 種類の異なる仕様のエンジンを用いて、前段の燃料噴射を気筒の吸気行程における所定のタイミングで行う一方、その後の後段の燃料噴射における噴射量の割合と噴射開始時期とをそれぞれ変更して、そのときの排気中のスモーク濃度の変化を調べた。この結果は図 6 (a) (b) のグラフにそれぞれ示すようになり、いずれのエンジンについても後段の噴射量割合が多いほど、また、後段の噴射開始



時期が遅いほど、排気中のスモーク濃度が高くなるということが分かった。

【0044】より詳しくは、例えば同図(a)のグラフによれば、後段の噴射量割合を略25%以下にすれば、後段の噴射開始時期SOI=B TDC 20~50°CAの範囲でスモークの濃度が実質的に問題にならない許容範囲内になる。また、SOI=B TDC 30~50°CAの範囲とすれば、後段の噴射量割合をさらに多くしてもスモーク濃度を許容範囲内とすることができる。尚、これらの実験においては後段の噴射開始時期が遅角側にな

っても、点火時期は変更していない。

【0045】そのような実験結果に基づいて考察すると、弱成層混合気の燃焼においては後段の噴射量割合を増加させたとき、そのことによって点火プラグ16周りの混合気の局所的な空燃比がリッチ化するので、局所的に熱発生率のより高い燃焼状態になってスモークが生成し易くなると考えられる。また、後段の噴射開始時期を遅角させると、そのことによって点火までの時間が短くなることで、燃料の気化霧化が不十分なものとなってスモークの生成し易い状態になると考えられる。

【0046】従って、単純にスモークの生成を抑えようとすれば、後段の噴射量割合を少なくしたり、その噴射開始時期を進角側に設定するのが好ましいということになるが、単にそのようにしただけでは排気の温度を高めるという弱成層燃焼の本来の効果が十分に得られなくなり、また、排気中のHC濃度が増大することになる。特に、後段の噴射開始時期を進角側に設定した場合、点火時点までに燃料の気化霧化のための時間を確保することは容易になる反面、燃料噴霧が気筒2内の空気流動によって拡散し易くなり、着火安定性が損なわれる虞れがある。

【0047】ここで、1サイクル当たりの燃料の総噴射量が増えることを考慮して、前記の弱成層混合気の燃焼における排気温度とスモークの生成量との関係について考察し直すと、まず、燃料の総噴射量が多いときにはその分、排気の熱量が増大し、このことで触媒40、42の昇温を促し易いと言うことができる。また、燃料噴射量が多いときにはその分、吸入空気量も多いから、仮に前段及び後段の噴射量割合を一定とすれば、点火プラグ16周りの局所空燃比は概ね一定になると考えてよいが、空燃比は同じであっても燃料噴射量自体は多いから、燃料を点火時点までに気化霧化させることはより困難になり、スモークが生成し易くなる。

【0048】つまり、燃料の総噴射量が相対的に多いときには排気の熱量が多くなることによって触媒40、42の昇温を促し易いが、その一方でスモークの問題が大きくなり易い。従って、このときにはスモークの抑制を優先しながら、できるだけ排気温度の上昇を図ることが好ましいと言うことができる。反対に、燃料の総噴射量が相対的に少ないときには、排気の熱量が少なくなる

一方でスモークは生成し難い状態になるから、このときには排気の温度上昇を優先すればよい。

【0049】斯かる技術的思想に基づいて、この実施形態のエンジン制御装置Aでは本願発明の特徴として、未暖機の触媒40、42の昇温を促すべく各気筒2の吸気及び圧縮行程でそれぞれ燃料を噴射して弱成層状態で燃焼させるときに、後段の噴射量割合及び噴射開始時期を総噴射量の変化に対応付けて以下のように変更するようにした。

【0050】すなわち、まず、エアフローセンサ46及び回転速度センサ49からの出力信号に基づいてECU50によりインジェクタ18の前段噴射及び後段噴射の各開弁時間を制御して、各気筒2内の平均的な空燃比が略理論空燃比になるように、前段及び後段噴射を合わせた1サイクル当たりの燃料の総噴射量を制御する。そして、図4に示すように、燃料の総噴射量が相対的に多いとき（相対的に高負荷のとき）には後段の噴射量割合を相対的に少なくして、後段の燃料噴射量自体はむしろ少なくなるようにする。こうすることで、後段噴射による燃料を点火時点までに十分に気化霧化させてスモークの生成を抑制することができるとともに、気筒2の圧縮行程後期に行われる後段噴射の貫徹力を抑えて燃料のピストン5冠面への付着を低減し、このことによってもスモークの生成を抑制することができる。

【0051】尚、燃料の総噴射量に対する後段噴射量の割合は略20%~略40%の範囲に制御するのが好ましく、総噴射量の略3分の1以下とするのがさらに好ましい。また、燃料のピストン5冠面への付着を抑制するためには燃圧を略4~略6MPaの範囲に制御することによって、燃料噴霧の貫徹力を適度のものに抑えることが好ましい。

【0052】また、前記図4に示すように、相対的に高負荷側では後段の燃料噴射量の減少に応じて噴射開始時期は遅角側となるように制御する。こうすることで、各気筒2の圧縮行程後期に燃焼室6に噴射された燃料噴霧は気筒2内のスワール流等によって拡散され難くなり、相対的に少量の燃料噴霧であっても点火プラグ16の電極付近にTDC以降まで混合気塊を保持することができるようになる。このことで、着火安定性を維持したまま各気筒2の点火時期をTDC以降まで大幅に遅角することができる。但し、燃料噴霧の良好な気化霧化のためには後段の燃料噴射から点火時点までにある程度の時間が必要となるので、結局、図4の如く、後段噴射の開始時期はB TDC 20~40°CAの範囲とするのが好ましい。

【0053】そして、前記の後段噴射時期の遅角制御に対応して、ECU50により各気筒2毎の点火回路17を制御して、該各気筒2毎の点火時期を例えばTDC後(ATDC)15°CAまで大幅に遅角させる。これにより、エンジン1のサイクル効率を大幅に低下させ且つ

混合気の緩慢な燃焼を相対的に遅角側まで継続させることができるから、排気温度は十分に上昇する。尚、点火時期はATDC $5^{\circ}$ CAよりも遅角側になるように制御するのが好ましく、また、燃焼安定性とのバランスを考慮すれば、前記図4の如くATDC $5\sim 15^{\circ}$ CAの範囲に設定するのが好ましい。

【0054】前記の燃料噴射制御や点火時期制御とともに、スロットル弁33の開度は、ECU50により車両のアクセル開度以外にエンジン水温やエンジン1の始動からの時間、補機の作動状態等に応じて制御する。また、スワール制御弁35は全閉状態として、各気筒2内に強いスワール流を生成させる。このスワール流は気筒2の圧縮行程後期まで維持されてその後に崩壊し、前記点火時期の遅角制御に対応するようにTDC以降まで燃焼室6全体に強い乱れを発生させる。このことで、混合気の着火安定性が向上する。

【0055】上述した点火回路17、インジェクタ18、スロットル弁33、スワール制御弁35等の制御は、ECU50において所定の制御プログラムが実行されることにより、実現する。すなわち、ECU50のメモリには、図7(a)(b)に例示するように、触媒未暖機時のインジェクタ18の制御マップとして、エンジン1の負荷状態に対応する最適な後段噴射量割合や噴射開始時期をそれぞれ実験的に設定したマップが記憶されている。これらのマップによれば、例えばエンジン1が正味の無負荷運転状態のとき、即ち機械損失等も含めて車両の停止中に最も負荷の小さい運転状態のときには後段噴射量割合が最大となり（図例では略35%）、且つ噴射開始時期が最も進角する（図例ではBTDC略 $35^{\circ}$ CA）一方、そこから負荷の増大に応じて後段噴射量割合が徐々に少なくなり、これに伴い、後段噴射の開始時期が徐々に遅角するようになっている。

【0056】そして、例えば水温センサ47により検出されるエンジン水温やエンジン始動からの時間経過（タイマにより計測）等に基づいてECU50において触媒40、42の少なくとも一方が活性温度よりも低い未暖機状態であるとの判定がなされ、且つエンジン1の正味の負荷状態が所定以下の低負荷運転状態であるとの判定がなされたとき、上述の如く点火回路17、インジェクタ18、スロットル弁33、スワール制御弁35等の制御が行われて、エンジン1の各気筒2の平均的な空燃比が略理論空燃比とされ、各気筒2の吸気行程及び圧縮行程でそれぞれ燃料が噴射されて弱成層燃焼状態になるとともに、該各気筒2の点火時期が例えばATDC $5\sim 15^{\circ}$ CAくらいまで遅角されて排気の温度の温度が上昇し、これにより、触媒40、42の早期昇温が促進されるものである。

【0057】換言すれば、前記ECU50は、排気浄化用の触媒40、42の少なくとも一方が未暖機のときにエンジン1の各気筒2の点火時期をATDC $5^{\circ}$ CA以

降まで遅角させる点火時期制御部50aと、そのときに各気筒2のインジェクタ18により吸気行程及び圧縮行程でそれぞれ燃料を噴射させて、各気筒2内の平均的な空燃比が略理論空燃比になるように1サイクル当たりの燃料の総噴射量を制御する燃料噴射制御部50bと、そのときにスワール制御弁35を閉じて燃焼室6のスワール流を強化するスワール弁制御部50cとを備えている。

【0058】そして、前記燃料噴射制御部50bは、吸気行程での前段の燃料噴射量を圧縮行程での後段の燃料噴射量よりも多くしながら、且つその後段噴射量の総噴射量に対する割合を総噴射量が多いほど少なくするとともに、その噴射量割合の減少に応じて後段噴射の開始時期を遅角させるように構成されている。

【0059】したがって、この実施形態に係る火花点火式直噴エンジンの制御装置Aによると、例えばエンジン1の冷間始動後のアイドル運転時には、図8のタイムチャートに示すように、未暖機の触媒40、42の早期昇温を促すための制御が行われる。

【0060】まず、スタータモータによるエンジン1の始動が完了したときに（ $t=t_1$ ）、ECU50の点火時期制御部50aにより各気筒2の点火時期がATDC $15^{\circ}$ CAまで遅角されるとともに、燃料噴射制御部50bによるインジェクタ18の作動制御によって1サイクル毎に前段及び後段の2回の燃料噴射が行われるようになる。また、スロットル弁33の開度とインジェクタ18による燃料噴射量（総噴射量）とがそれぞれ制御されることで、エンジン回転速度はエンジン水温等に応じて設定されたアイドル回転速度に維持される。すなわち、エンジン1の始動直後には通常よりも高いファストアイドル（例えば1200rpm）となり、その後、徐々に通常のアイドル回転速度（例えば650rpm）に戻される。

【0061】ここで、始動直後にはエンジンオイルの粘性が高く、機械的な摩擦も大きい上に、前記の如くファストアイドルとなってエンジン回転速度が高いので、負荷が相対的に大きい運転状態となり、この負荷に対応するように燃料の総噴射量が多くなるとともに、後段の噴射量割合が相対的に少なくなされ（例えば20%）、また、後段の噴射開始時期が相対的に遅角側に設定される（例えばBTDC $25^{\circ}$ CA）。

【0062】このとき、各気筒2の吸気行程前半（例えばBTDC $300^{\circ}$ CA）に前段の燃料噴射によってインジェクタ18の噴孔から燃焼室6に噴出した燃料噴霧がピストン5の下降移動に伴い燃焼室5全体に拡散して理論空燃比よりもリーンな均一混合気を形成する。また、後段の燃料噴射による燃料噴霧は上昇するピストン5の冠面のキャビティ5aにトラップされて、燃焼室6略中央部、即ち点火プラグ16の電極の付近に混合気塊を形成する。この結果、燃焼室6全体には点火プラグ1

6 周りの混合気の濃度分布が高い弱成層状態の混合気が形成されることになる。

【0063】その際、燃料の総噴射量は相対的に多いものの、後段の噴射量割合が少なくなっているためその噴射量自体はむしろ少なめになっているので、後段噴射による燃料噴霧の貫徹力はあまり大きくはならず、そのピストン 5 冠面への付着は少ない。また、相対的に少ない後段の噴射燃料が点火時点までに十分に気化霧化して、良好な可燃混合気となる。しかも、前記後段の燃料噴射が相対的に遅角側で行われているので、燃料噴霧は気筒 2 内のスワール流等によって拡散され難くなり、リッチな混合気塊が TDC 以降の点火時点まで燃焼室 6 の略中央部に保持されて、点火プラグ 16 により確実に点火される。

【0064】そして、燃焼初期には前記のリッチな混合気塊が急速且つスモークの少ない良好な燃焼状態となり、その後、火炎面が理論空燃比よりもリーンな混合気に伝播して、比較的緩慢な燃焼（後燃え）が気筒 2 の膨張行程後半まで長く継続するようになる。つまり、エンジン 1 の冷間時でも良好な着火安定性を確保しながら、スモークの生成を抑制するとともに、排気の温度を高め且つ HC を低減することができる。しかも、このときには 1 サイクル当たりの燃料の総噴射量が相対的に多いことから、排気の熱量自体も多くなり、相対的に高温且つ多量の排気によって触媒 40、42 の昇温を効果的に促進することができる。

【0065】続いて、エンジン 1 の暖機が進むに従いエンジンオイルの粘性が低下し、また、エンジン回転速度が徐々に低下する（ $t = t_1 \sim t_2$ ）。これにより、エンジン 1 の運転負荷が徐々に低下するので、この負荷の低下に対応して燃料の総噴射量が徐々に少なくなり、このことで、排気の熱量が徐々に減少するとともに、弱成層燃焼であってもスモークは生成し難い状態になる。このときには、燃料の総噴射量が徐々に減少することに対応して後段の噴射量割合が徐々に増加し、弱成層混合気の燃焼による排気温度の上昇の効果が高くなるとともに、HC も低減される。また、後段の燃料噴射量の増加に伴いその噴射開始時期が徐々に進角側に變更され、燃料噴霧の気化霧化時間が確保される。

【0066】つまり、この実施形態では、各気筒 2 の 1 サイクル当たりの燃料の総噴射量が変化しても、これに対応して後段の燃料噴射割合及び噴射開始時期が最適化されることで、弱成層混合気の燃焼と点火時期の遅角制御とによる排気の温度上昇効果が十分に得られるとともに、そのときの排気中の HC を低減し且つスモークの増大を防止することができる。

【0067】尚、前記図 8 のタイムチャート図に示すように、触媒 40、42 の早期昇温を促進するときには、各気筒 2 の燃焼室 6 における平均的な空燃比が略理論空燃比となるように制御され、このことによって燃焼に

伴う HC、CO、NO<sub>x</sub> の生成が極小化される。また、スワール制御弁 35 が全開状態とされて燃焼室 6 のスワール流が強化されることによって、弱成層混合気への着火安定性がさらに向上する。

【0068】そうして、触媒 40、42 が両方共に活性化すると（ $t = t_3$ ）、各気筒 2 の点火時期が進角側に戻されるとともに、燃料噴射は気筒 2 の吸気行程でのみ行われるようになり、その後、エンジン水温が所定温度（例えば 40℃）に達するまではエンジン 1 は均一燃焼状態で運転され、エンジン水温が前記所定温度以上になれば、エンジン 1 は低負荷側では成層燃焼状態で、また高負荷側では均一燃焼状態で運転されるようになる。

【0069】図 9 は、この実施形態に係る直噴エンジン 1 の弱成層燃焼によって排気の温度が上昇し、且つ HC が減少することを示した実験結果であり、エンジンの負荷は略 100 kPa、回転速度は略 1200 rpm である。同図に示すグラフの横軸には排気の熱流量（ヒートフラックス：排気の温度及び流量を乗算した上でエンジンの排気量で除算したもの）を示し、また、縦軸には単位時間当たりの排気中の HC の量を示す。そして、実線のグラフのように後段の噴射量割合を略 25% とし、且つその噴射開始時期 SOI を  $SOI = BTDC 20 \sim 30^\circ CA$  としたときには、均一燃焼状態のときに比べて排気中の HC が大幅に減少し、しかも排気の熱流量が大幅に高まることが分かる。

【0070】尚、図示の如く、後段の噴射量割合を略 25% としていてもその噴射開始時期を  $BTDC 10^\circ CA$  と遅くし過ぎたときには、その燃料噴霧の気化霧化が不十分になって燃焼状態が悪化し、排気中の HC が増大してしまう。また、図に点線のグラフで示すように後段の噴射量割合が略 50% になると（比較例）、噴射割合が多すぎるために点火プラグ周りの局所空燃比がリッチになり過ぎて、やはり燃焼状態が悪化することによって、排気中の HC が増大している。

【0071】（他の実施形態）本発明の構成は前記の実施形態に限定されるものではなく、その他の種々の構成を包含するものである。すなわち、前記実施形態の直噴エンジン 1 では、触媒 40、42 の昇温を促進する際に、各気筒 2 毎の平均的な空燃比を略理論空燃比（ $A/F = 14.7$ ）になるように制御しているが、これに限るものではなく、空燃比は例えば  $A/F = 略 13 \sim 16$  の範囲に設定するようにしてもよい。

【0072】また、前記の実施形態では、触媒 40、42 の昇温を促進する際に各気筒 2 のインジェクタ 18 により前段の燃料噴射を吸気行程で、また後段の燃料噴射を圧縮行程でそれぞれ行って、燃焼室 6 に弱成層混合気を形成するようにしているが、これに限らず、例えば前段の燃料噴射を気筒 2 の圧縮行程前期に行うようにしてもよい。

【0073】また、前記の実施形態では、触媒 40、4

2の昇温を促進する際にスワール制御弁35を閉じるようにしているが、これに限るものではない。

【0074】また、前記の実施形態では、触媒40、42が未暖機状態であることの判定をエンジン水温やエンジン始動からの時間経過等に基づいて判定するようにしているが、これに限らず、例えば排気通路36に温度センサを設けて、その出力に基づいて判定をを小なうようにしてもよい。

【0075】さらに、前記実施形態では、本発明をいわゆるウォールガイド方式の直噴エンジン1に適用しているが、これに限るものではない。すなわち、例えば、インジェクタ18により気筒2内に噴射した燃料噴霧の挙動を当該気筒2内の空気流動によって制御して、点火プラグ16の電極周りに成層化させるようにしたいいわゆるエアガイド方式の直噴エンジンにおいて、或いは、常に均一燃焼状態で運転するようにした直噴エンジンにおいても、未暖機の触媒の昇温を促進するために本発明の制御を適用することができる。

【0076】さらにまた、前記実施形態に記載したエンジン1の構成は一つの例に過ぎず、本願発明を適用する直噴エンジンの構成を限定するものではない。すなわち、例えば排気通路36に配設する触媒は1つだけでもよいし、各気筒2毎のインジェクタ18はスワールインジェクタでなくてもよい。また、1気筒2当たり合計4つの吸排気弁12、13を備えたものやEGR通路43を備えたものに限定されないことは言うまでもない。

【0077】

【発明の効果】以上、説明したように、請求項1の発明に係る火花点火式直噴エンジンの制御装置によると、排気浄化用の触媒が未暖機状態のときに気筒の点火時期を圧縮上死点以降まで遅角させるとともに、当該気筒の吸気行程から点火時期までの期間内に前段及び後段の2回の燃料噴射を行わせるようにし、さらに、その前段及び後段噴射を合わせた1サイクル当たりの総噴射量が多いほど、後段噴射の噴射量割合を少なくし且つ噴射開始時期を遅角させることで、高温の排気により触媒の昇温を促進しながら、排気中のHCを低減し且つスモークの増大を防止できる。

【0078】請求項2の発明によると、エンジンの各気筒の点火時期、空燃比、後段の燃料噴射量割合及び噴射開始時期の組み合わせを最適化することで、請求項1の発明の効果を十分に得ることができる。

【0079】請求項3の発明によると、スワール流強化手段によって気筒内燃焼室のスワール流を強化することで、後段噴射や点火時期の遅角制御に対応する最適な時

期に燃焼室に強い乱れを発生させて、混合気の着火安定性を向上できる。

【0080】請求項4の発明によると、いわゆるウォールガイド方式の直噴エンジンにおいて後段噴射による燃料噴霧の貫徹力を最適化して、ピストン冠面への付着を抑制できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るエンジン制御装置の全体構成図である。

【図2】エンジンの気筒内燃焼室の概略構造を示す斜視図である。

【図3】燃料供給系の構成を模式的に示す説明図である。

【図4】インジェクタによる燃料の噴射タイミングを示す説明図である。

【図5】後段の燃料噴射量割合及び噴射開始時期を変更しながら、点火時期の変化に対するスモーク濃度の変化特性を示したグラフ図である。

【図6】後段の燃料噴射開始時期を変更しながら、後段の燃料噴射量割合の変化に対するスモーク濃度の変化特性を示したグラフ図である。

【図7】触媒未暖機時の後段の噴射量割合又は噴射開始時期をそれぞれエンジンの負荷状態に対応付けて設定した制御マップの一例を示す説明図である。

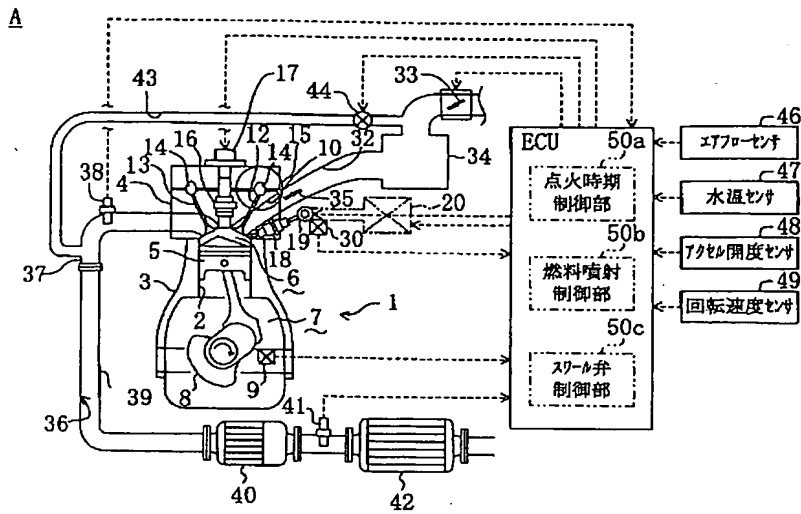
【図8】エンジン冷間始動時の制御の一例を示すタイムチャート図である。

【図9】弱成層混合気の燃焼により排気中のHCが減少し、ヒートフラックスが増大することを示す実験結果のグラフ図である。

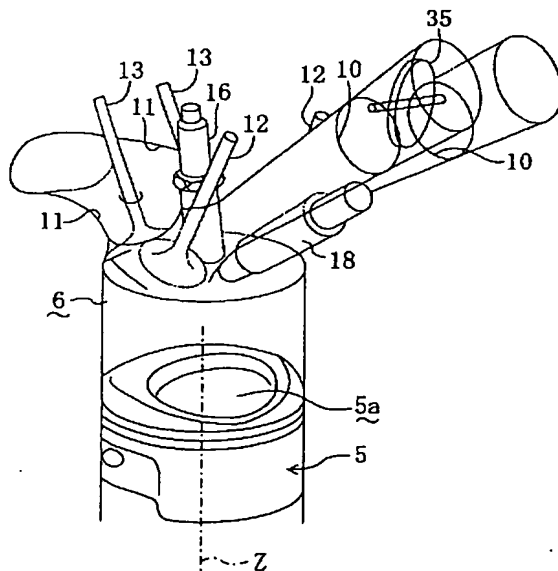
【符号の説明】

A	エンジンの制御装置
1	エンジン
2	気筒
5	ピストン
5a	キャビティ（凹部）
6	燃焼室
16	点火プラグ
18	インジェクタ（燃料噴射弁）
35	スワール制御弁（スワール流強化手段）
40	三元触媒
42	リーンNO <sub>x</sub> 触媒
50	コントロールユニット（ECU）
50a	点火時期制御部（点火時期制御手段）
50b	燃料噴射制御部（燃料噴射制御手段）
50c	スワール弁制御部（スワール流強化手段）

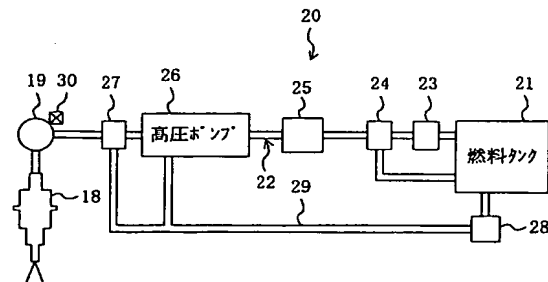
【図1】



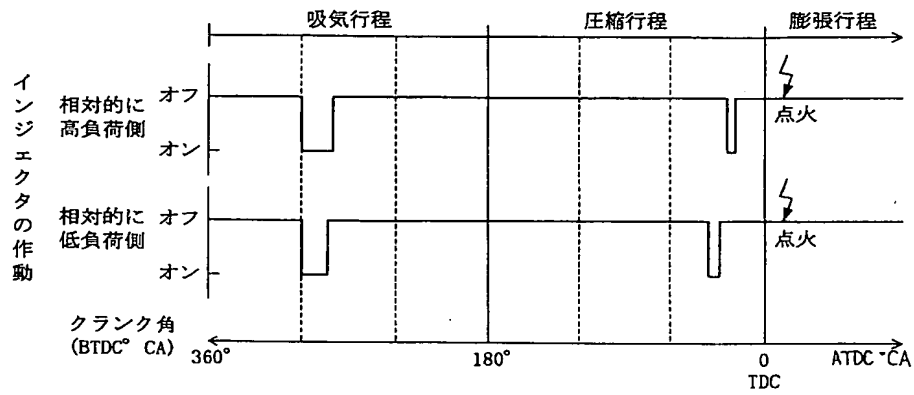
【図2】



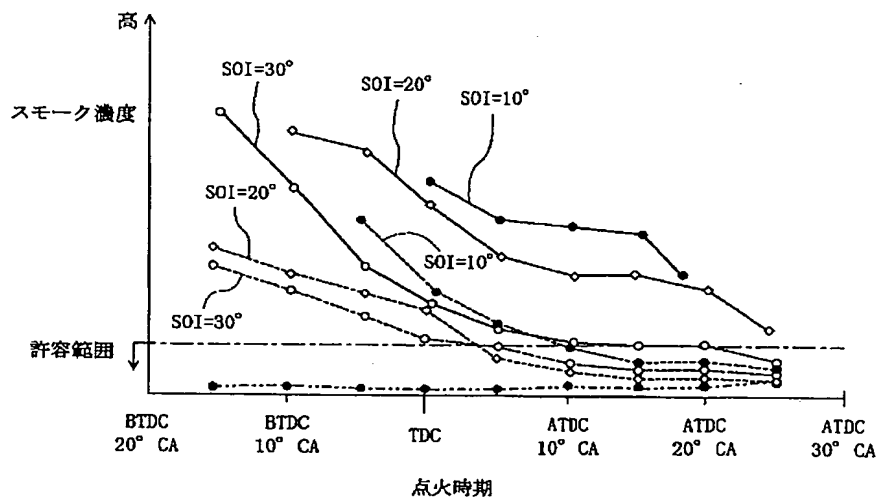
【図3】



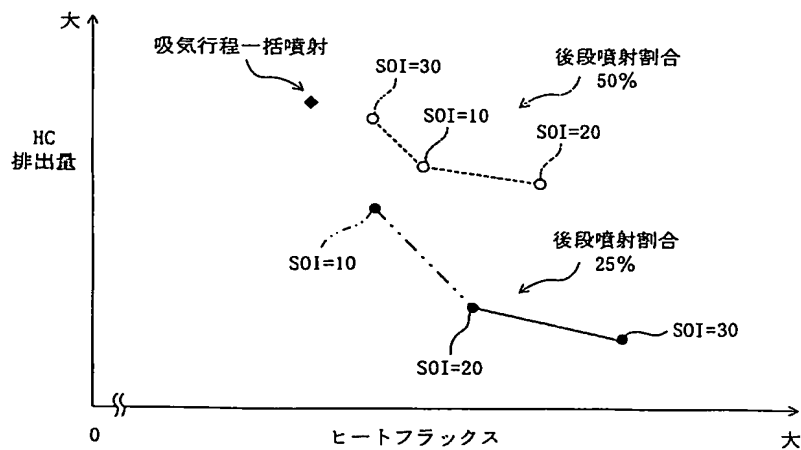
【図 4】



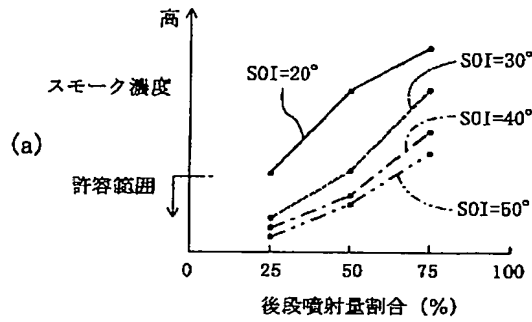
【図 5】



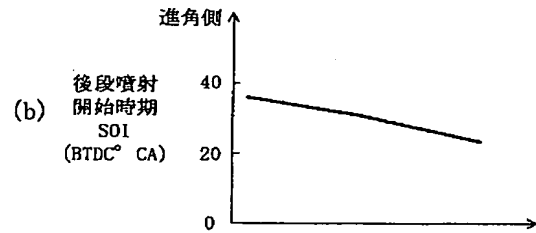
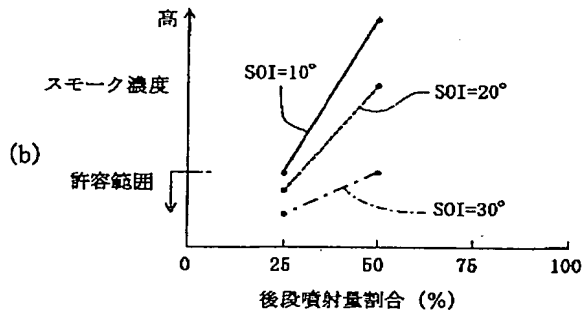
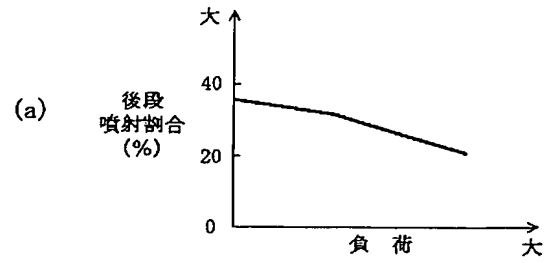
【図 9】



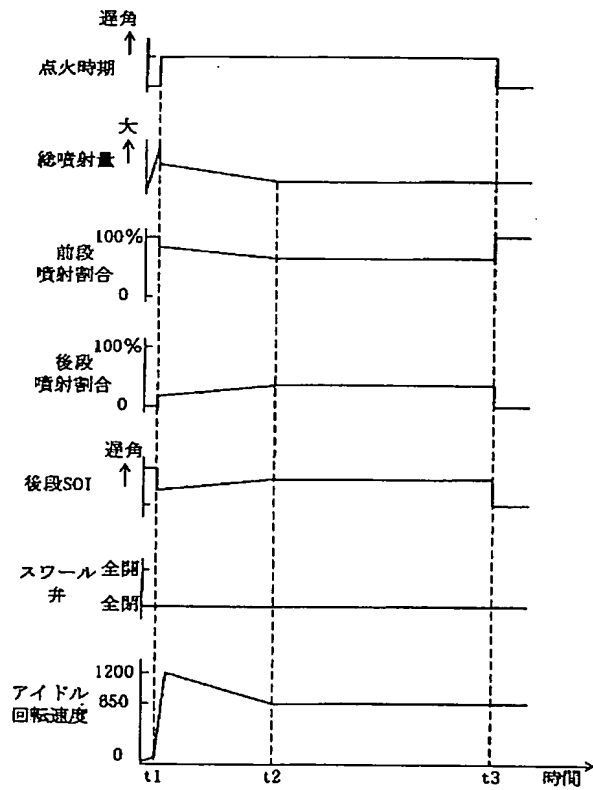
【図6】



【図7】



【図8】



## フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	ターム (参考)
F O 2 D 41/02		F O 2 D 41/02	3 3 0 G
41/04	3 3 5	41/04	3 3 5 Z
41/06	3 3 0	41/06	3 3 0 Z
43/00	3 0 1	43/00	3 0 1 B
			3 0 1 H
			3 0 1 J
			3 0 1 U
45/00	3 1 2	45/00	3 1 2 B
	3 6 4		3 6 4 N
F O 2 P 5/15		F O 2 P 5/15	E

(72) 発明者 俊成 貴志  
 広島県安芸郡府中町新地 3 番 1 号 マツダ  
 株式会社内

F ターム (参考) 3G022 AA07 AA08 CA02 DA02 EA01  
 GA01 GA02 GA05 GA06 GA08  
 GA09 GA10 GA17  
 3G084 AA04 BA05 BA09 BA13 BA15  
 BA17 CA02 CA03 CA09 DA10  
 EA07 EA11 EC01 EC03 FA07  
 FA10 FA20 FA27 FA30 FA33  
 FA38  
 3G091 AA02 AA11 AA12 AA17 AA24  
 AA28 AB03 AB05 BA00 BA03  
 BA14 BA15 BA19 BA32 CA13  
 CB02 CB03 CB05 CB07 CB08  
 DA01 DA02 DB10 EA00 EA01  
 EA05 EA07 EA16 EA17 EA26  
 EA30 EA31 EA34 FA02 FA04  
 FA12 FA13 FB02 FB11 FC07  
 HA08 HA10 HA36 HA37 HA42  
 HB03 HB05  
 3G301 HA04 HA13 HA16 HA17 JA24  
 JA26 KA05 KA08 KB04 LA00  
 LA03 LA05 LB04 MA01 MA11  
 MA19 MA27 NA08 NE06 NE08  
 NE11 NE12 NE13 NE14 NE23  
 PA01Z PB08Z PD03Z PD04Z  
 PD09Z PD12Z PE01Z PE03Z  
 PE04Z PE08Z PF03Z PF11Z



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**